

УДК 669018

**А. А. Гусев<sup>\*</sup>, Е. С. Алиева, Н. П. Ануфриев**

Екатеринбургский филиал ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», г. Екатеринбург

*\*AAGusev@sinara-group.com*

Научный руководитель — канд. техн. наук С. М. Битюков

## **СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ВЫСОКОХРОМИСТЫХ СТАЛЕЙ ГРУППЫ ПРОЧНОСТИ X80 13Cr, СТОЙКИХ К УГЛЕКИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ**

Проведена лабораторная выплавка экспериментальных марок стали типа 13Cr с различным содержанием никеля, молибдена и ниобия. Выбраны рациональный химический состав стали и режим термической обработки, обеспечивающие получение механических свойств, соответствующих группе прочности X80 13Cr.

*Ключевые слова:* механические свойства, твердость, закалка, отпуск, микроструктура, термическая обработка, химический состав

**A. A. Gusev, E. S. Alieva, N. P. Anufriev**

## **THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF HIGH-CHROMIUM STEELS GRADE X80 13CR, RESISTANT TO CARBON DIOXIDE CORROSION**

Laboratory smelting of experimental grades of steel of type 13Cr with various contents of nickel, molybdenum and niobium was carried out. The rational chemical composition of the steel and the heat treatment mode were selected, which ensure obtaining mechanical properties corresponding to the strength group X80 13Cr.

*Key words:* mechanical properties, hardness, quenching, tempering, microstructure, heat treatment, chemical composition

**Ц**елью настоящей работы является освоение производства труб из высокохромистых сталей группы прочности X80 13Cr для строительства внутрипромысловых трубопроводов, эксплуатируемых на месторождениях, осложненных углекислотной коррозией.

Для выбора рационального химического состава в лабораторных условиях выполнили четыре экспериментальных плавки сталей типа 13Сг с различным содержанием никеля, молибдена и ниобия. Выплавленные слитки были прокатаны в полосовой прокат размером  $700 \times 170 \times 10$  мм.

Термическую обработку провели по режиму: закалка от  $960^\circ\text{C}$ , 30 мин, охлаждение на воздухе с последующим высоким отпуском.

На рисунке 1 приведена микроструктура исследуемых сталей в закаленном и отпущенном состоянии.

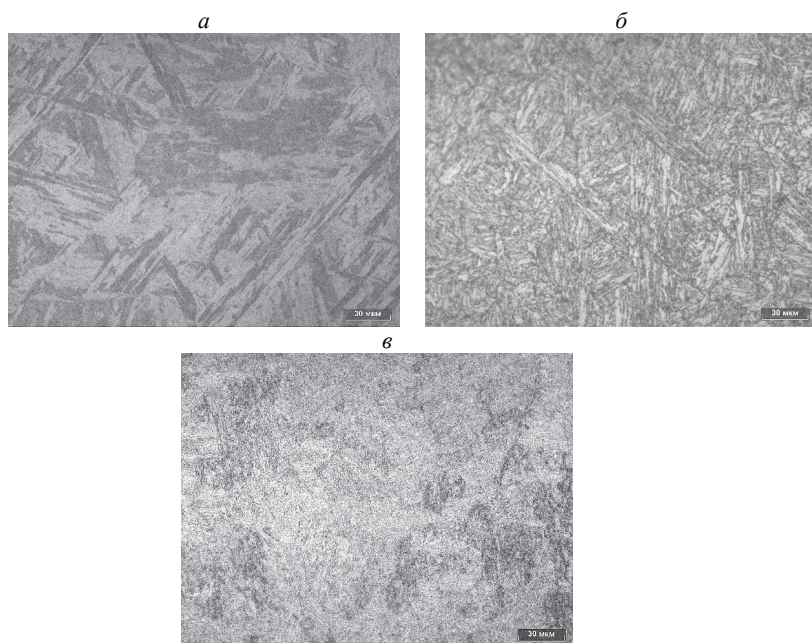


Рис. 1. Микроструктура исследуемых сталей типа 13Сг различных режимах термообработки:

*a* — закалка от  $960^\circ\text{C}$ ; *б* — отпуск при  $610^\circ\text{C}$ ; *в* — отпуск при  $700^\circ\text{C}$

На рис. 1, *a* микроструктура стали 13Сг после закалки от  $960^\circ\text{C}$  состоит из крупноигльчатого реечного мартенсита. На рис. 1, *б* после отпуска при  $610^\circ\text{C}$  сохраняется игльчатая структура сорбита и отпущенного мартенсита. Задержка распада мартенсита обусловлена легированием стали 13-ю % хрома, который снижает скорость диффузии углерода в  $\alpha$ -растворе. Дополнительно хром и молибден повышают прочность межатомных связей в решетке  $\alpha$ -раствора, затрудняя пере-

ход атомов через границу  $\alpha$ -раствор — карбид [1]. На рисунке 1, в после отпуска при температуре 700 °С в структуре наблюдается сорбит отпуска. В микроструктуре исследуемых сталей отсутствует  $\delta$ -феррит, оказывающий негативное влияние на вязко-пластические свойства [2].

На рисунке 2 приведены значения твердости исследуемых сталей после закалки и различных температур отпуска.

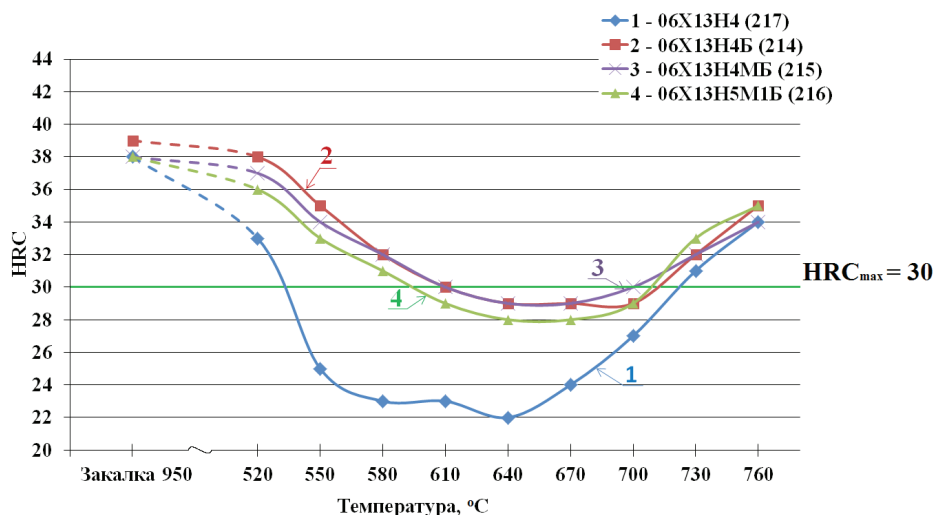


Рис. 2. Зависимость твердости исследуемых сталей от температуры отпуска

Минимальная твердость получена для стали, не содержащей молибден и ниобий. Добавление карбидообразующих легирующих элементов привело к существенному повышению твердости.

Повышение значений твердости после отпуска выше 640–670 °С, по-видимому, связано с переходом в межкритический интервал температур из-за нагрева стали выше температуры  $A_{c1}$ .

По результатам испытаний образцов на растяжение и ударный изгиб выбраны рациональный химический состав стали и режим термической обработки, обеспечивающие получение механических свойств, соответствующих группе прочности X80 13Cr по стандарту DNV-OS-F101, представленные в табл. форме.

Механические свойства стали типа 13Cr после отпуска при 640 °С

$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_{0,5}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
799	675	679	17,2	73

**Литература**

1. Новиков И. И. Теория термической обработки металлов. М. : Металлургия, 1978. 392 с.
2. Физическое материаловедение / Б. А. Калинин [и др.]. М. : МИФИ, 2008. Т. 6, ч. 1. 672 с.